Elektronica en Telecommunicatie 6

Gemeenschappelijke publikatie van de
Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. en het
Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap.

Redactie-adres: Prinsessegracht 23, Den Haag.

On the Future of Microwave Communication [1]) 621.391.81 : 621.396 : 621.372

by ir. L. Krul, Technological University Delft

Summary: After a brief introduction outlining the field of microwave communication, the different aspects of future development will be handled in three sections. The first section deals with both terrestrial and space microwave link applications; especially the attempts to enlarge the usable frequency band, are considered in some detail. A second section is dealing with the system design aspects of guided microwave transmission by means of the well-known TE_{01}-mode in waveguides with circular cross-section. In the last section the attention of the reader is drawn to some problems related to the application of microwaves for broadcast purposes.

1. Introduction

Obviously it is a risky affair to offer an opinion on future developments whatever the subject might be. How risky will become clear at least for the field of communications, if we cite e.g. Koomans, who wrote in 1941 about wavelengths below 10 m: 'the bridging of appreciable distances being impossible it seems not to lie at hand to bother the aether with these frequencies' [1]. In 1968 however the whole indicated frequency spectrum including the lower microwave frequencies is utilized in one way or the other.

In spite of the mentioned risk every communication engineer who intends his present day work to be guided by the future has to reflect on this future from time to time. This paper will give some of the reflections of such a communication engineer.

First as an introduction for the benefit of the reader who is not familiar with the subject a brief historical review of microwaves in communication will be given. Although the history of microwave communication is still a short one, it has some interesting 'feats of arms'.

On March 31, 1931, the first demonstration of a microwave radio relay link was given. Two-way telephone transmission was demonstrated between Dover in England and Cape Blanc Nez near Calais in France, a distance of about 56 km [2]. In this equipment the carrier frequency of about 1700 MHz was modulated in amplitude by the telephone signals. A positive grid triode was used as a transmitting tube.

The subsequent development of microwave links has shown two ways in which the number of channels between two stations can be increased. The first possibility is to use a number of small capacity-systems with different carrier frequencies working on the same route. In the second solution on the contrary the number of channels on the same carrier frequency is increased. The latter illustrating best the great potentialities of microwaves as a communication medium since it leads to broadband systems.

As a representative of the first broadband systems the TDX-system, a co-development of Bell Laboratories and Western Electric [3], be mentioned. This system was working on a wavelength of 7.5 cm. For the first time frequency modulation was introduced into the microwave link system. The most important argument for the use of this type of modulation was the easier control of system nonlinearities. The TDX-system has been put into service for the transport of television signals between New York and Boston in 1947. The distance between these cities being 200 mile relay stations became necessary since two stations have to be situated within line-of-sight distance.

After about 2 years the well-known TD-2 system comes into the picture [4]. This system is suited to the transport of either 480 telephone signals or one television signal. The radio-frequency amplifier of the TD-2 system has three stages provided with specially developed microwave triodes whereas the TDX-system was provided with a four stage klystron amplifier.

During the following years the broadband microwave radio relay link has been developed towards a system of both great quality and reliability. Since about 1950 in general the triode amplifiers are being replaced by travelling wave amplifiers whereas in recent years several solid state developments and productions are reported. An experimental micro-electronics Microwave Communication Equipment was described by Greenwald and Thompson [5]. This system worked in the 8 GHz-band with an output power of 125 mW, the system video bandwidth was 6 MHz.

It was stated above that in order to increase the distance between the transmitting and the receiving station an adequate number of repeater stations becomes necessary. However there are two other ways in which longer distances may be bridged by microwaves.

In the first place we have the so called over-the-horizon system, by which path-lengths of several hundred km are realized in one single hop. As to the causes of the propagation mechanism many theories have been advanced. Most of these theories can be grouped under two headings: scattering of the

[1]) Manuscript ontvangen dd. 12 maart 1968.

electromagnetic energy by atmospheric turbulences and partial reflections from horizontal layers [6]. The average path-loss being 60–80 dB greater than the attenuation corresponding with the same distances in free space, high transmitting powers, in the order of several kW, become necessary. As one of the earlier realizations we recall the microwave television link Italy-Sardinia [7]. Among others Bullington reported systematically on transhorizon propagation experiments in 1950 [8] and 1953 [9]. The newer developments in the field of scatter communication are directed towards the improvement of diversity technics and the application of low noise receivers such as masers and parametric amplifiers.

World wide microwave communication at last did turn out to be possible by the housing of repeater stations in artificial earth satellites. The first one who suggested the use of such satellites was Clarke in England [10]. As a result of important technological developments in the fields of microwave components and space technics the first active satellite Telstar I could be launched in 1962 [11]. Since then many other satellites have been put into orbit and nevertheless we are only on the threshold.

In this survey the reader will have missed the guided microwave transmission. In a further section however this subject will find a more suitable place.

What will be next in microwave communication, now that even worldwide applications have been put into evidence? There is a twofold answer to this question. Firstly we have to take account of further improvement of transmission quality and reliability on existing systems. Besides the need for new communication facilites is still growing e.g. because of the fact that on many occasions people's disposition to move from one place to another will become smaller and smaller. A few tentative examples are given in the last section. As both aspects result into greater bandwidth requirements, the following paragraphs will be devoted mainly to the system considerations related to the enlargement of practically useful bandwidth in microwave communication.

2. Radio link applications

For more than one reason earth and space radio communication links will be considered here together. Firstly the technics used in surface links and space links are very much related. The differences in transmitter power, receiver noise figure and antenna diameters originate from the fact that the distances are quite unlike and are in fact not very essential. A more important factor however is the so called frequency sharing, which means that satellite communication systems and terrestrial radio links have to make use of the same frequency bands.

As we have seen in the introduction the terrestrial radio link had expanded already to a large extent at the time that the first satellite communication experiments took place. This meant that the whole frequency spectrum up to 11.7 GHz that was considered to be suitable for microwave link application was assigned already to these links leaving little room for satellite communication as a new comer since in fact the limiting factors in frequency use are the same for both applications.

These limiting factors are connected with the propagation of electromagnetic waves in the atmosphere surrounding the earth. Up to about 10 GHz this medium is practically a non-absorbing one whereas above this frequency absorbtion by gases and scattering by precipitation are to be taken into account. We will consider these factors later on.

Frequency-sharing has been made possible however by the allowance for some mutual interference on one hand and imposed limitations for both systems on the other hand. These agreements are all carefully laid down in CCIR-Recommendations.

It is true that to get the satellite communication started frequency-sharing was unavoidable but at the same time we would like to remark that it may be doubted whether this situation can be continued if both satellite and terrestrial networks come to full prosperity all over the world. It therefore seems to be logical to examine other possibilities in order to be ready in case of need.

On one side this means that one should try to make use of higher frequencies in satellite communication. For that purpose NASA is planning to launch a new Application Technology Satellite (ATS) early in 1969. In this experiment there will be a 31.65 GHz up-link and a 15.3 GHz down-link. Provisions will be made for the simultaneous measurement of the up- and downward transmission characteristics. Besides the lower frequency congestion, larger bandwidths, smaller antenna's and higher obtainable directivity are put forward by NASA as further reasons for the interest in mm-wave satellite communication [12].

On the other side we may make possible the use of higher frequencies on terrestrial radio links, the remainder of this section is handling the problems related to this subject. On that account it will be necessary to go into some details of the typical propagation behaviour of electromagnetic waves of frequencies higher than 10 GHz. More particularly we are concerned with the attenuation appearing between transmitter and receiver.

In microwave work optical means such as lenses and parabolic mirrors are used to produce the electromagnetic beam. Supposing practical dimensions however the directivity is much smaller in microwave than in optical work. The resulting divergence leads to the so called free-space attenuation, the first factor to be considered here. This free-space attenuation in fact is the diffraction loss between the antenna's placed in free-space.

Working with wavelength λ, distance d and antenna diameters D the maximum received signal on relative power base, becomes

$$a = P_r/P_t = (\pi D^2/4\lambda d)^2$$

Using 3 m-diameter antenna's on a wavelength of 3 cm a transmitted power of 1 W will give at most 35 μW at a distance of 40 km.

From 10 GHz and upwards we have also to deal with an influence of the atmospheric content (especially water-vapour and oxygen) and the precipitation (especially rain). The gases give rise to molecular absorption of the electromagnetic energy and the rain causes the scattering of energy.

The total electromagnetic absorption expressed as an attenuation in dB/km is, for a standard atmosphere at sea level, given in fig. 1 [13]. The absorption peaks at 22.5 and 187 GHz are caused by water-vapour, the peaks at 60 and 120 GHz by oxygen. Whereas the oxygen absorption is practically a constant one, the water-vapour contribution will be time-dependent with e.g. during fog much higher attenuation figures than those given in fig. 1. To give an indication we quote the measurements of Saxton and Hopkins showing an absorption loss of 0.4 dB/km at 13.3 GHz and 1.2 dB/km at 25 GHz for a visual range of 30 m [14].

Even more serious is the influence of rain on path attenuation. The rain attenuation in dB/km at given frequency and temperature is roughly proportional to the precipitation rate in mm/h. This means that at constant temperature we may define the specific rain attenuation coefficient k in dB/(km·mm·h) which as a function of frequency has been drawn in fig. 2 [15]. This graph was derived from measurements made by several investigators. A precipitation rate of 25 mm/h will, at a frequency of 30 GHz

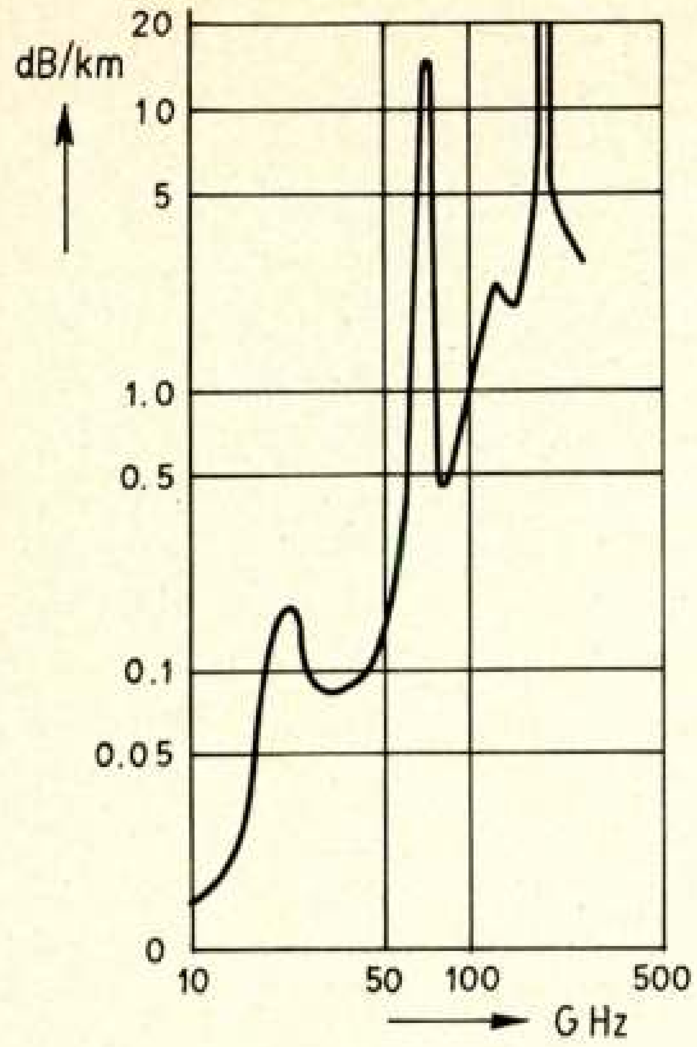


Fig. 1. Total atmospheric absorption in a standard atmosphere at sea level.

according to fig. 2, give rise to an attenuation coefficient of 5 dB/km.

At first sight the picture of the atmospheric influences on microwave propagation at the higher frequencies looks discouraging. However as long as the total extra attenuation does not exceed the normal fading margin of a radio link quite normal relay systems could be built. The fading margin of a radio link is defined as the number of dB; the receiver input level can be reduced before the noise exceeds the system objective. In relation to this fading margin we have to consider the outage time: the time the noise does exceed the objective.

Since the rain influence may be described by the constant k in dB/(km·mm·h) we may introduce the mean precipitation rate $<P> = \Sigma P_n d_n / d$ where we have subdivided the total length of the traject d into a number of sections d_n each with homogeneous rainfall P_n. Using this $<P>$ total rain attenuation becomes: $kd<P>$.

In doing so the knowledge of $<P>$ as a function of time will be sufficient to predict the attenuation behaviour of the circuit. In [15] for a 60 km path at 11 GHz a maximum rain attenuation of 32 dB has been found which corresponds with $<P> =$ 17.8 mm/h. At 15 GHz the maximum attenuation would have been two times as high. Although $<P>$ will more or less vary with path-length due to the fact that higher intensities are corresponding with smaller areas, it is tempted to say that by halving the distance we would arrive again at roughly 32 dB, a realizable fading margin.

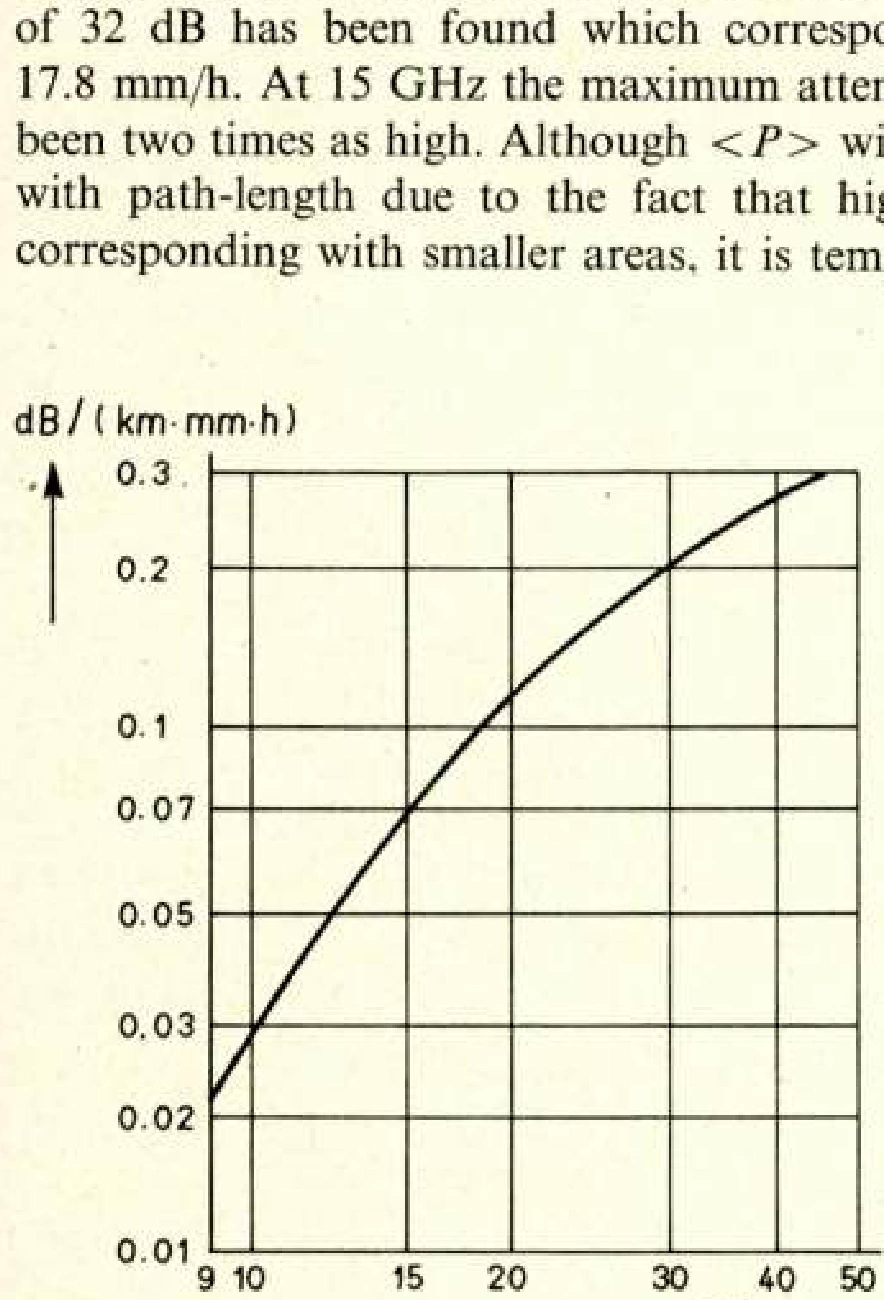


Fig. 2. Specific rain attenuation constant k as a function of frequency.

Distance however is not the only factor governing the attenuation between transmitter and receiver. From the free-space formula given earlier we see that the received relative power may also be increased by increasing the antenna diameter D or decreasing the wavelength λ. Separable from the expression for the relative free-space received power is the so called antenna gain G. As a maximum value we find $G = (\pi D/\lambda)^2$ for the circular aperture and $G = 4\pi A/\lambda^2$ for an aperture of arbitrary contour. After some rewriting it follows for the relative received power:

$$a = (\lambda G / 4\pi d)^2$$

The introduced gain factor is generally chosen in the order of 40 dB, much higher values giving rise to problems regarding mechanical stability of antenna towers and refractive influences of the troposphere. In the microwave link practice up to now the antenna beams are rotational symmetric giving equal beamwidth in vertical and horizontal planes. The stability and refraction problems are however related to the vertical plane only so in fact there is no reason why we should not, as a first possibility for lower free-space attenuation, higher the gain by introducing asymmetrical antenna's with normal beamwidth in the vertical and smaller beamwidth in the horizontal plane.

As a second attempt to lower the diffraction loss let's consider a situation where the total distance d between the terminals 1 and 2 is subdivided into a number of intervals (fig. 3). At the end of each interval we insert a device that collects the incoming energy and then retransmits it without amplification. As far as the collected energy concerns we may handle e.g. the first interval as a small-distance microwave link.

For the small-distance free-space link we will derive in the Appendix as an optimistic approximation for the maximum relative received power (using circular apertures):

$$a = \left(\frac{\pi}{3{,}32}\right)^2 \left[1 - \exp\left\{-\left(\frac{3{,}32\,D^2}{4\lambda d}\right)^2\right\}\right],$$

for great distance passing into the earlier mentioned value.

From fig. 4 showing a as a function of $\lambda d/D^2$ we conclude that a value of $\lambda d/D^2 = 0.5$ results into $a = 0.835$, an attenuation of almost 0.8 dB. At $\lambda = 1$ cm and with $D = 100$ cm this figure corresponds to a distance $d = 50$ m. For one kilometer twenty similar sections will be needed resulting into a kilometric attenuation of 16 dB. At this wavelength we have to expect a rain attenuation of 10 dB/km at a precipitation rate of 50 mm/h (to be considered homogeneous for short distances), giving a total attenuation of 26 dB/km. With a tolerable maximum attenuation of e.g. 90 dB (including the fading margin) this figure results into a maximum path-length of 3.5 km. However using two antenna's of the same aperture at a distance of 3.5 km we would have found a total attenuation of 68 dB. From which figure we draw the conclusion that little is to be expected from

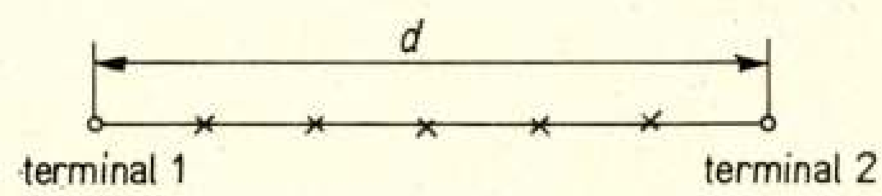


Fig. 3. Beam-waveguide.

$\lambda d / D^2$	a
0.5	0.835
0.6	0.76
0.8	0.59
1.0	0.445
1.5	0.236
2.0	0.141

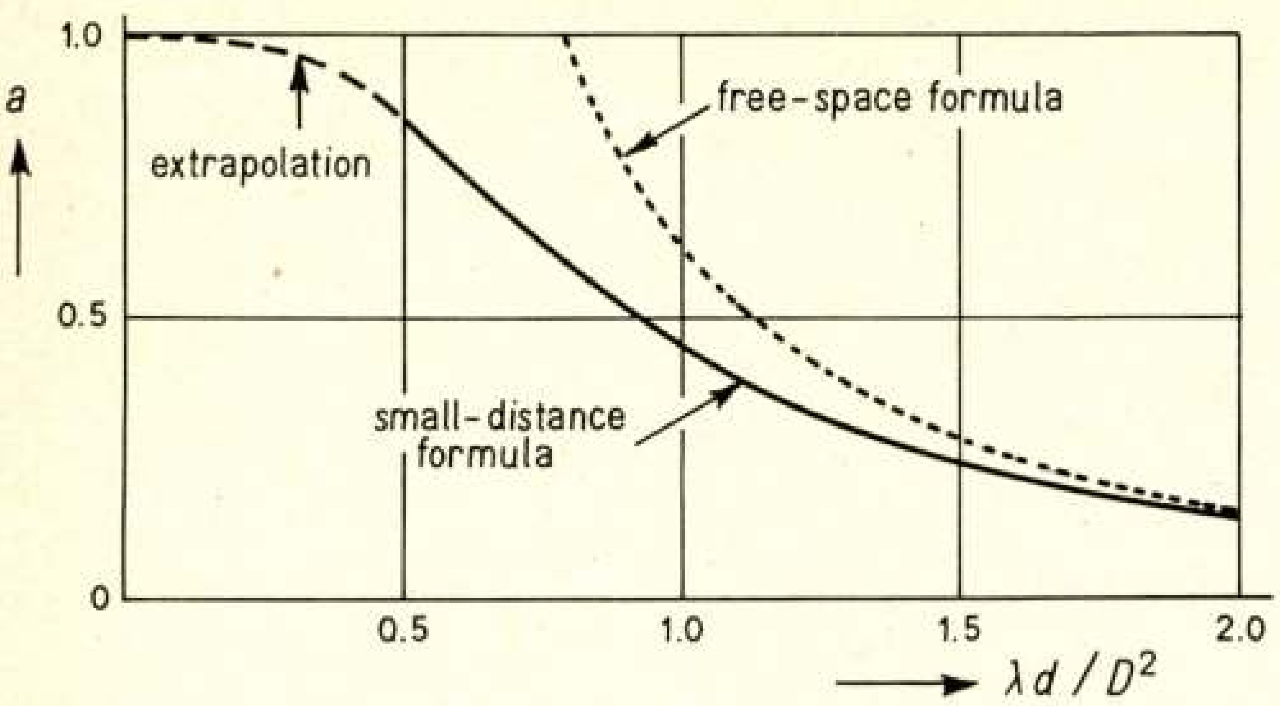


Fig. 4. Small-distance radio loss.

the so called beam-waveguide [16] in lowering the total attenuation on mm-wave path's. This conclusion is in agreement with the fact that after its first introduction the frequency domain for the beam-waveguide as a transmission medium was shifted towards the spectrum of optical waves [17, 18].

From the above it might be concluded that in fact higher antenna gains and drastically shortened repeater distances are, apart from an increase of transmitter power with frequency which is practically a contradiction in terms, the only means to improve the performance of microwave transmission systems at the higher frequencies. However coupled with shorter distances between repeaters will be a greater number of repeater stations. With the frequency modulation in use up to now the distortion is additive which would result into a inadmissebly low quality. Instead of this frequency modulation pulscode modulation should be used, a modulation-type relying only upon the recognition of 'zero's and ones'. Thanks to the possibility of puls generation the distortion in this case can be made non-additive for all practical purposes.

Two objections may be made against this pulscode-method. The first one is that much more bandwidth in the radio frequency spectrum will be needed. Especially at the higher microwave frequencies however this can hardly be considered as a real problem. Secondly one may object that the attenuation problem has to be solved at the cost of a great number of repeaters. In [5], already mentioned in the introduction, it is stated that lowered production costs of microwave communication equipment are offered by the introduction of micro-electronics. Since however the design and development costs will be much higher than in conventional (solid-state) work this statement only holds if sufficiently large numbers of essentially the same units are needed. Therefore, if it turns out that micro-electronics find their way to the mm-range, even large numbers of repeaters will no longer offer a problem.

In this paragraph we have left out the discussion of microwave links using tropospheric scattering. The reason for this is that in future it might be expected that these systems with their relatively poor performance will become superseded by satellite communication-systems.

3. Guided microwave transmission

Due to the diffraction problems the microwave radio point-to-point systems of the foregoing section sometimes are entitled as 'leaky transmission systems'. The spread of the energy into a certain space-angle means that unwanted coupling exists between systems in the same area working on the same frequencies. Avoiding this interference imposes a limitation on the number of channels that can be realized.

It is therefore Barlow stated in 1959 [19]: 'The growing congestion of the aether emphasizes the need to apply, with much greater conviction in future, the principle that no free-space radiation should be permitted if a closed channel can be made available as an alternative of equivalent merit'.

With these closed channels were meant circular metal waveguides carrying the TE_{01}-mode. Schelkunoff discovered that the so called circular electric waves, of which the TE_{01} is the lowest-order one, have an attenuation approaching asymptotically to zero as the carrier frequency increases [20]. From the view-point of the foregoing section this means that in the limit the diffraction problem would have been solved completely.

Beside the speculation of the layman, to whom it must look charming to have e.g. television distributed by pipes just like gas and water, we have the scientist who was confronted with a number of quite unique problems related to the use of these circular electric waveguide. Between these extremes we find the communication engineer looking around for new transmission facilities.

Leaving out the layman there still remains a gap between what theoretically could be made and practically should be made. A proposition of course that needs further elucidation. Let's first examine the potential possibilities of circular electric wave transmission of which many authors have made us aware [21, 22].

Schelkunoff's remark on the attenuation behaviour of circular electric waves starts from the idea that the configuration is ideal, the pipe is completely straightened and there are no mechanical deviations. Similar suppositions of course are often made in other fields and with useful results for practice. This however does not hold for the circular electric wave transmission.

To acquire the aimed low attenuation it turns out that we have to work in a diameter/wave-length range where the propagation of a great number of other than the desired modes becomes possible as all these modes are characterized by the fact that the working frequency is greater than the cut-off frequency. In case of deviations from the ideal configuration (curvature, ellipticity of the cross-section, dents, non-ideal joints) these other modes are generated and are propagating as well. This so called mode-conversion gives rise to higher attenuation of the desired mode as power is extracted from it.

At some other places part of the converted power may become reconverted to the desired original mode, unfortunately however in general with a certain phase-shift. This is an unwanted situation since it gives rise to the distortion of the transported signals.

Earlier efforts to improve the transmission properties of the circular electric wave provided for a high attenuation of the unwanted modes by the insertion of mode-filters, which are in fact mode-selective attenuators, at certain intervals. This procedure however is only satisfactory for waveguides without curvatures. In a curved waveguide a special type of mode conversion has become notorious: the conversion of TE_{01} into TM_{11} [23]. To overcome these difficulties waveguides with dielectric inner surface coating [24] or waveguides made by spiralizing thin copper wire (helical waveguides) [25] are necessary as many years' research has made clear.

We will illustrate the possibilities of circular electric wave transmission by some figures measured on the Holmdel helical waveguide [26, 27]. This helical waveguide of 2 in diameter showed an attenuation of less than 2.5 dB/mile over a frequency

range of 50–110 GHz. For comparison we mention that the theoretical attenuation of an ideal copper waveguide of the same diameter equals 1.8 dB/mile at 50 GHz and 0.6 dB/mile at 110 GHz.

Figures for the practical attenuation of solid copper waveguide may vary between the theoretical value and any other value, assessed by curvatures and tolerances. Therefore it is difficult to define the improvement to be gained by the use of helical waveguide. The helical and also the dielectric coated waveguide have to be considered on their own.

In fact e.g. the helical waveguide itself still suffers from curvature and tolerances as calculation have indicated that the Holmdel helix should have a theoretical TE_{01}-attenuation that equals the theoretical value for solid copper pipe. One of the causes for the increased loss especially at the high-frequency band-edge was the supporting structure. To point out the seriousness of this influence we mention that the waveguide was supported at 15–ft intervals with a flex due to gravity of 0.04 in between the support points.

The reported attenuation of 2.5 dB/mile would allow for repeater distances in the order of 20 mile whilst the corresponding radio frequency bandwidth of 60 GHz makes it possible to transport 2–300 000 two-way telephone conversations. This figure is based on the use of pulscode modulation which is made necessary by mode-conversion and phase-distortion [28]. The spread in the quoted figures relates to the degree of technical sophistication (e.g. filtering).

By this survey we have demonstrated the possibilities, let's now turn over to the practical part of the problem. In a practical system as we have seen tolerances of both waveguide and supporting structure are determining the kilometric loss. For further illustration the reader is referred to fig. 5. This figure presents the usable bandwidth for given tolerable attenuation per mile for the Holmdel helix in measuring position (curve I derived from [27]) and installed situation after Nutt (curve II derived from [29]). The above-quoted figure of 60 GHz bandwidth for 2.5 dB/mile loss for the helix in measuring position becomes 30 GHz for the installed helix, a bandwidth reduction of two times.

Just as in lower frequency cable practice it turns out that there is a relation (for given cable, installation included) between repeater distance and bandwidth (repeater gain supposed to be constant). In a practical system this relation should be exploited in order to acquire an economic optimum.

The bandwidth requirements have to be based of course on a real need otherwise no economy at all is to be expected. Maybe in the next ten years there will be a need for systems transporting 20–30 000 two-way telephone conversations or their bandwidth equivalent. The corresponding radio frequency bandwidth is less than 10 GHz, which is far below the potentialities of the wavecable represented by curve II of fig. 5.

Obviously the economic aspects of wavecables are still obscure. However it may be doubted anyhow that the cable represented by curve II in fig. 5 will lead to a good compromise between cable and repeater costs. Bandwidth-doubling (10 GHz into 20 GHz) is realized in this case by an increase in tolerable attenuation of only 0.05 dB/mile with as a result hardly differing repeater costs.

To bridge the gap mentioned in the beginning of this section future investigations in the field of wavecable applications have to consider two aspects. Firstly we have to learn how to save money on construction and installation of wavecables if the bandwidth requirements are decreased drastically, at least for the first years of wavecable use this is the only realistic starting

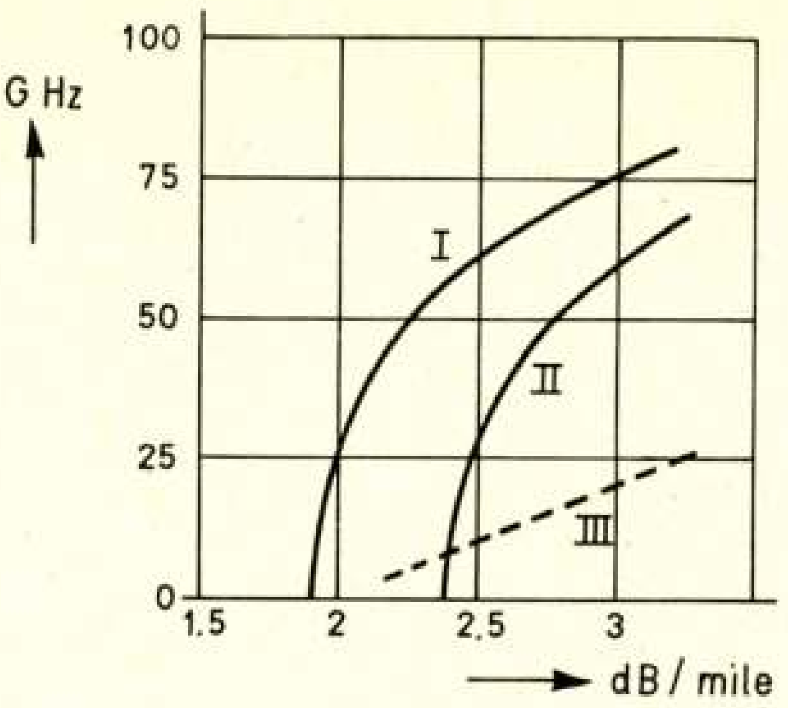


Fig. 5. Bandwidth as a function of attenuation for helical wavecables (curves I and II) and hypothetical cable (curve III).

point. At the very moment larger bands are needed further investments can be allowed. An obvious way to realize this second aim is to increase the repeater investment. By using more repeaters the tolerable cable attenuation is increased and with it the usable bandwidth. In this respect the hypothetical cable represented by curve III, fig. 5 would be attractive.

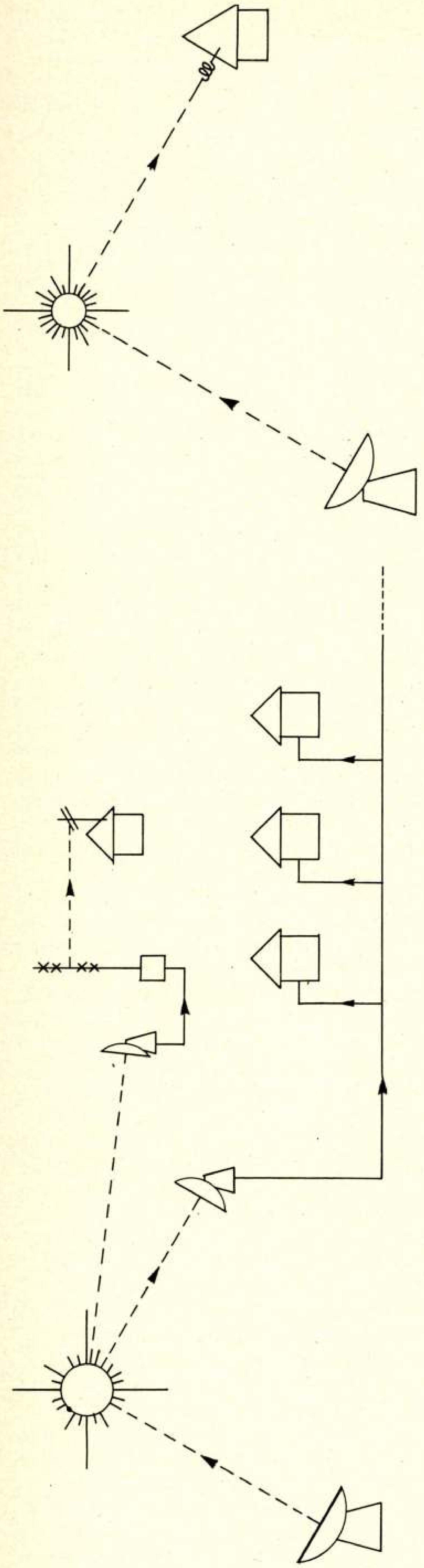
4. Microwave broadcast

For long time some space in the microwave spectrum has been reserved for advanced broadcast applications. This frequency band 11.7–12.7 GHz is to be shared with fixed and mobile services [30]. Up to now however no use was made of the offered opportunity and the microwave broadcast is one of the new facilities hinted at in the introduction. In fact microwave broadcast did become actual at the time one was realizing the great potentialities of satellites in this respect. The use of high frequencies e.g. in the microwave band is useful because relative high antenna gains will be possible in limited space. Since power generation in the satellite will always be limited antenna gain is quite important in order not to waste the generated power by transmitting it in unwanted directions. A second point related to antenna gain is that in general a broadcast emission should be restricted to a certain time-zone on earth.

Speaking in general terms there are two different ways in which satellites could be used for broadcast purposes. The first system is the so called distributive system. A number of medium power satellites being stationary relative to the rotation of the earth receive their signals e.g. television from satellite communication earth-stations and after amplification retransmit the signals via transmitting antenna's pointed to the earth. The next step is the reception of the satellite-transmitted signals by local receiving stations feeding either local broadcast transmitters or local cable distribution systems (fig. 6a).

The second system is a direct system in that it furnishes a direct-to-home broadcast by the satellite. The stationary satellite again receives signals from an earth-satellite-communication station and retransmits them after amplification and transposition to a relatively high output power in a frequency band suitable for direct home reception. In this case today's television receivers would need an added converter for microwaves to lower UHF for instance (fig. 6b).

For a number of reasons the second system, in the USA promoted by NASA, although the simplest in outline seems to become a 'Cinderella in the Sky', [33]. Apart from political reasons there are commercial ones produced for instance by the owners of large community antenna systems for which in the case of direct-to-home broadcast no longer exists a need.



a. b.

Fig. 6. a: Distributive microwave broadcast system. b: Direct-to-home microwave broadcast system.

In many countries however the larger community antenna systems are only in a primary state and one may wonder which solution will be the best for these countries. Even for these countries personally I would prefer the distributive system for its greater flexibility. After the reception of the satellite signals by the earth-station the further approach can be made to measure. In area's with low population density a broadcast system may be chosen for further distribution to the homes whereas in area's with high population density the community antenna system may be used.

One must not forget that these community antenna systems offer still a number of advantages. Firstly of course in omitting antenna-woods in large-city area's. But secondly the community antenna system, if at least installed in a special way, may offer a number of further facilities to the customers.

The required network in that case consists of independent broadband connections between a local switching centre and a number of subscribers. By choice this broadband connection is used for either the transmission of one of the furnished broadcast channels or other services. A few examples of such other services are: weather reports, surveys of cinema and theatre programs, connections with storehouses (to make a product choice) and libraries, etc. This new television switching centre could be driven by telephone dial codes by which at the same time the client is charged for the costs of the wanted service.

Appendix

Small-distance radio loss

During the derivation of the free-space loss equation normally it is assumed that the power density over the aperture of the receiving antenna is constant whereas the phase-front is plane. Obviously for short distances this does hold no longer.

To derive a new equation for shorter distances we start from a clock-form approximation of the radiation pattern of the transmitting antenna (fig. A 1). The maximum of this curve being $G=(\pi D/\lambda)^2$ and the halfpower width λ/D, all under the assumption of 100% efficiency of the circular aperture antenna. The radiation pattern becomes:

$$g(\theta)=\left(\frac{\pi D}{\lambda}\right)^2 \exp\left\{-\left(\frac{0{,}83\,\theta}{\lambda/2\,D}\right)^2\right\}$$

From the calculations of Ming-Kuei Hu [32] we know that this equation is a reasonable approximation as long as $\lambda d/D^2>0.5$.

Next at a distance d we have the collecting aperture (fig. A 2). We assume that power is collected again with 100% efficiency which means in fact that we have to introduce a phase-correction, the arriving phase-front being no longer plane. Received power on a relative base then becomes:

$$a=\int_0^{D/2}\frac{g(\theta)}{4\pi d^2}\,2\pi r\,\mathrm{d}r$$

Substituting $g(\theta)$ with $\theta = r/d$ we find

$$a=\left(\frac{\pi}{3{,}32}\right)^2\left[1-\exp\left\{-\left(\frac{3{,}32\,D^2}{4\lambda d}\right)^2\right\}\right].$$

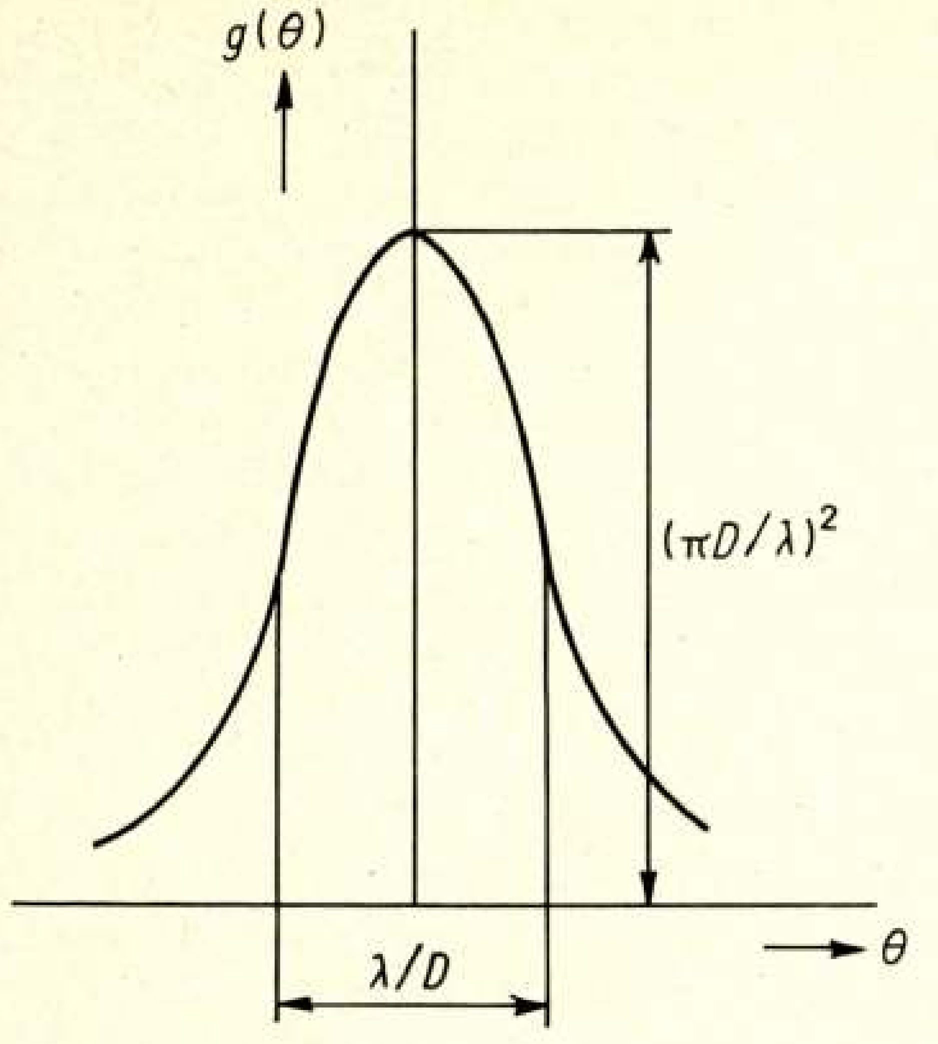


Fig. A 1. Clock-form radiation pattern.

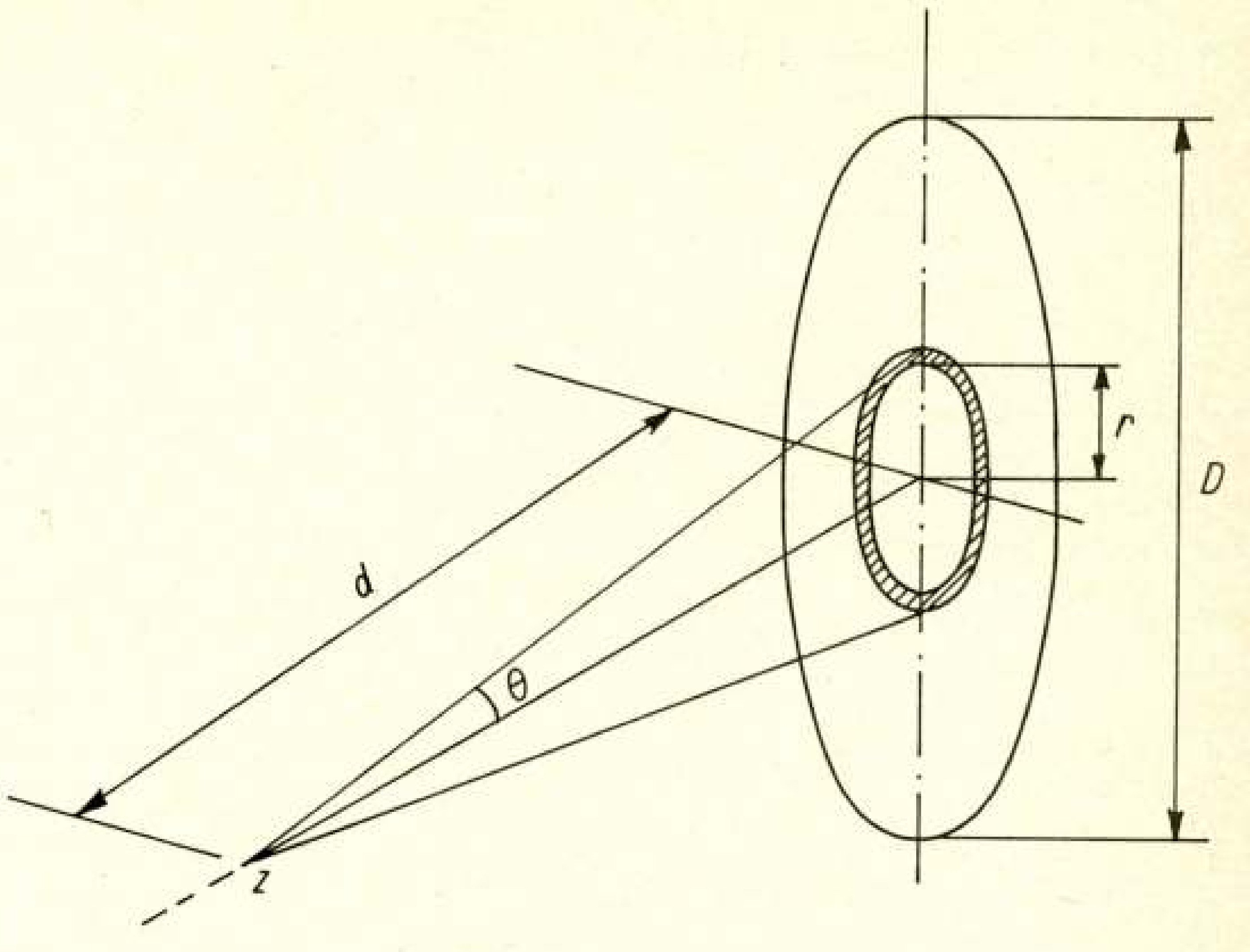


Fig. A 2. Received power calculation.

References

[1] Prof. dr. ir. N. KOOMANS: 'Van het verleden tot het heden in de radio'. Tijdschr. Ned. Radiogenootschap IX, 1941, p. 201.

[2] A. G. CLAVIER: 'Production and Utilization of micro-rays'. Electrical Communication **12,** July 1933, p. 3.

[3] A. L. DURKEE: 'A microwave relay system between New-York and Boston'. Bell Labs Rec. **25,** 1947, p. 437.

[4] C. E. CLUTTS: 'The TD-2 Radio relay system'. Bell Labs Rec. **28,** 1950, p. 442.

[5] C. GREENWALD, B. THOMPSON: 'Micro-electronics Microwave Communication'. Electric Comm. **41,** 1966, p. 491.

[6] Joint Technical Advisory Committee, Radio Transmission by Ionospheric and Tropospheric Scatter. Ch. II: 'Long Range Tropospheric Transmission'. Proc. IRE **48,** 1960, p. 30.

[7] F. CARASSA: 'The Microwave Television Link Italy-Sardinia'. Alta Frequenza **26,** 1957, p. 389.

[8] K. BULLINGTON: 'Radio Propagation Variations at VHF and UHF'. Proc. IRE **38,** 1950, nr. 1, p. 27.

[9] K. BULLINGTON: 'Characteristics of Beyond-the-Horizon in the 40-4000 MC-Band'. Proc. IRE **41,** 1953, nr. 1, p. 132.

[10] A. C. CLARKE: 'Extra-Terrestrial Relays'. Wireless World, 1945, p. 305-308.

[11] Report on Project Telstar Experiment. Bell Syst. Techn. J. **42,** 1963, p. 739-1908.

[12] Mm-wave satellite tests on the way. Microwaves **6,** 1967, nr. 11, p. 25.

[13] P. A. MATTHEWS: 'Radio Wave Propagation, V.H.F. and above'. Chapman and Hall, London, 1963, p. 42.

[14] J. A. SAXTON, H. G. HOPKINS: 'Some adverse influences of meteorological factors on Marine Navigational Radar'. Proc. Inst. Electr. Engrs. **98,** pt III, 1951, p. 26.

[15] S. UGAI, Y. KANEDA: 'Statistical Evaluations of Microwave Attenuation Due to Rain Cells'. Review of the Electr. Comm. Lab. **11,** 1963, p. 268.

[16] G. GOUBAU, Y. R. CHRISTIAN: 'A new waveguide for Millimeter waves'. URSI-IRE Fall Meeting San Diego California, October 19, 1959.

[17] G. GOUBAU, Y. R. CHRISTIAN: 'Some Aspects of Beam-waveguides for Long Distance Transmission at Optical Frequencies'. IEEE Transactions MTT-12, 1964, p. 212.

[18] J. R. CHRISTIAN, G. GOUBAU, Y. W. MINK: 'Further Investigations with an Optical Beam-waveguide for long Distance Transmission'. IEEE Transactions MTT-15, 1967, p. 216.

[19] H. E. M. BARLOW: 'Introductory Survey Convention on long-distance transmission by waveguide'. Proc. Inst. Electrical Engrs **106,** pt 13, suppl. 13, 1959, p. 1.

[20] S. A. SCHELKUNOFF: 'Electromagnetic Waves'. Van Nostrand New-York, 1943, p. 390.

[21] S. E. MILLER: 'Waveguide as a Communication Medium'. Bell Syst. Techn. J. **33,** 1954, p. 1209.

[22] A. E. KARBOWIAK: 'Trunk Waveguide Communication'. Chapman and Hall Ltd, London, 1965.

[23] M. JOUGUET: 'Effets de la courbure sur la propagation des ondes électromagnétiques dans les guides à section circulaire'. Câbles et Transmission **1,** 1947, p. 133.

[24] H. G. UNGER: 'Circular Electric wave Transmission in a Dielectric-Coated Waveguide'. Bell Syst. Techn. J. **36,** 1957, p. 1253.

[25] S. P. MORGAN, Y. A. YOUNG: 'Helix Waveguide'. Bell Syst. Techn. J. **35,** 1956, p. 1347.

[26] A. P. KING, G. D. MANDEVILLE: 'The Observed 33-90 kmc Attenuation of 2-inch improved Waveguide'. Bell Syst. Techn. J. **40,** 1961, p. 1323.

[27] W. H. STEIER: 'The Attenuation of the Holmdel Helix Waveguide in the 100-125 kmc band'. Bell Syst. Techn. J. **44,** 1965, p. 899.

[28] A. E. KARBOWIAK: 'System Aspects of Long-distance Communication by Waveguide'. Proc. Inst. Electr. Engrs **109,** pt B, 1962, p. 336.

[29] W. M. HUBBARD a.o.: 'A solid-state regenerative Repeater for guided Millimeter-Wave Communication Systems'. Bell Syst. Techn. J. **46,** 1967, p. 1977.

[30] I.T.U.: 'Table of frequency allocations 10 kc/s to 40 Gc/s'. Geneva, 1966.

[31] L. LESSING: 'Cinderella in the sky'. Fortune, october 1967, p. 131.

[32] MING-KUEI-HU: 'Fresnel region fields of circular aperture antenna's'. Journ. Res. NBS **65D,** 1961, p. 137.

De ruimtetechnologie in Engeland

629.78 (410)

door ir. L. Krul, Technische Hogeschool Delft

Summary: *Space Technology in Great Britain.*
During a visit organized by the Electronic Engineering Association and the British National Export Council, the author had the opportunity to get well posted in the British activities on space electronics. The gathered impressions are summarized under two headings: scientific experiments and communications.

1. Inleiding

In elk technisch ontwikkeld land ondergaan industrie en onderwijs het als een gemis, als ze niet kunnen deelnemen aan de activiteiten, die verband houden met onderzoekingen van de ruimte en communicatie via de ruimte. We zullen deze activiteiten in het vervolg kortweg aanduiden met ruimtetechnologie. Door het niet deelnemen aan het werk op dit gebied is men niet alleen uitgesloten van het op zichzelf reeds interessante onderzoek, maar bovendien profiteert men pas in een veel later stadium van de vruchten die de ruimtetechnologie op andere gebieden afwerpt.

De in verband met dit laatste wellicht meest bekende 'vrucht' is de micro-miniaturisatie, nu algemeen aanvaard als een logische voortschrijding van de ontwikkeling in de elektronica. In feite was het echter de ruimtetechnologie, die de stimulans was voor het ontwikkelen van deze techniek, aangezien de daarmede te verkrijgen gewichts- en ruimtebesparingen van essentieel belang waren voor een verdere voortgang.

Een ander onderzoek waarvan in de toekomst op breder terrein belangrijke resultaten mogen worden verwacht betreft de smering van lagers onder vacuümcondities. Uit duurproeven, verricht door Elliott Automation Ltd., blijkt dat vooralsnog een loodfilmsmering de beste resultaten oplevert.

Tenslotte een voorbeeld dat betrekking heeft op de in de ruimtetechnologie zo belangrijke telemetriesystemen. De ontwikkeling van deze telemetriesystemen, aanvankelijk voor raketten en later ook voor satellieten, en de ervaring daarmee opgedaan maakte het voor de British Aircraft Corporation relatief eenvoudig een telemetriesysteem op te zetten dat gebruikt zal worden tijdens de komende testvluchten met de Concorde, het supersonische verkeersvliegtuig dat door Frankrijk en Engeland gezamenlijk wordt ontwikkeld. Dit telemetriesysteem zal continu 2600 over het gehele vliegtuig verspreide meetpunten bemonsteren en daarbij de signalen in de vorm van pulscodemodulatie naar de aarde zenden.

We willen het bij deze voorbeelden laten en nog even terugkomen op het andere aspect: het uitgesloten zijn van interessant onderzoekingswerk. Voornamelijk de jongere ingenieurs zullen dit interessante onderzoekingswerk in het buitenland gaan zoeken indien in eigen land de mogelijkheden daartoe ontbreken. Genoemd aspect kan dan ook worden aangemerkt als één van de oorzaken van de in Engeland min of meer berucht geworden 'Brain Drain'.

Voor het sinds oktober 1964 in Engeland bestaande Ministerie voor Technologie waren de genoemde overwegingen mede de aanleiding tot het in belangrijke mate stimuleren van de ruimtetechnologie. Door van dit ministerie via het Royal Aircraft Establishment uitgaande opdrachten is het mogelijk geworden dat Engeland zijn eigen ruimteonderzoekprogramma kreeg.

In de periode van 24–30 maart 1968 waren wij samen met een aantal andere vertegenwoordigers uit Westeuropese landen tijdens een excursie georganiseerd door de Electronic Engineering Association en de British National Export Council, in de gelegenheid in het bijzonder van de elektronische kant van dit programma kennis te nemen. Een samenvatting van de voornaamste onderdelen volgt hierna. De activiteiten zullen daarbij worden gesplitst in de twee belangrijkste gebieden te weten het wetenschappelijk onderzoek en de communicatietoepassingen.

2. Het wetenschappelijk onderzoek

Het internationaal meest bekende Engelse instituut dat zich met het wetenschappelijk onderzoek van de ruimte bezighoudt is ongetwijfeld Jodrell Bank in de omgeving van Manchester. De activiteiten waardoor dit instituut via de internationale pers bekendheid heeft verkregen (ontvangst van satellietsignalen, opsporen van satellieten) beslaan echter slechts ongeveer 1%

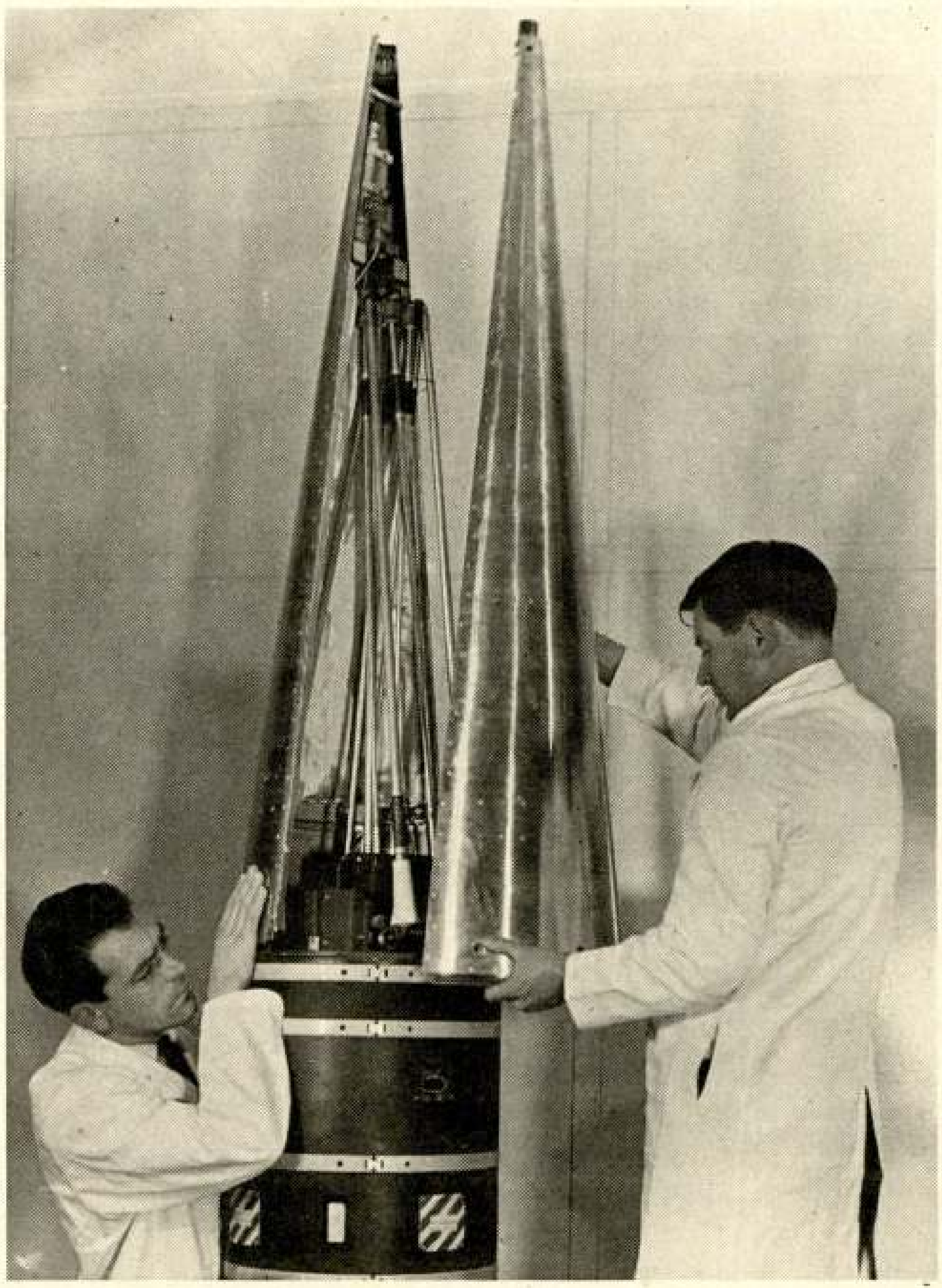


Fig. 1. 'Skylark'-raket. Na het afwerpen van de beide neuskegelhelften kan de dipool worden 'open gevouwen'.

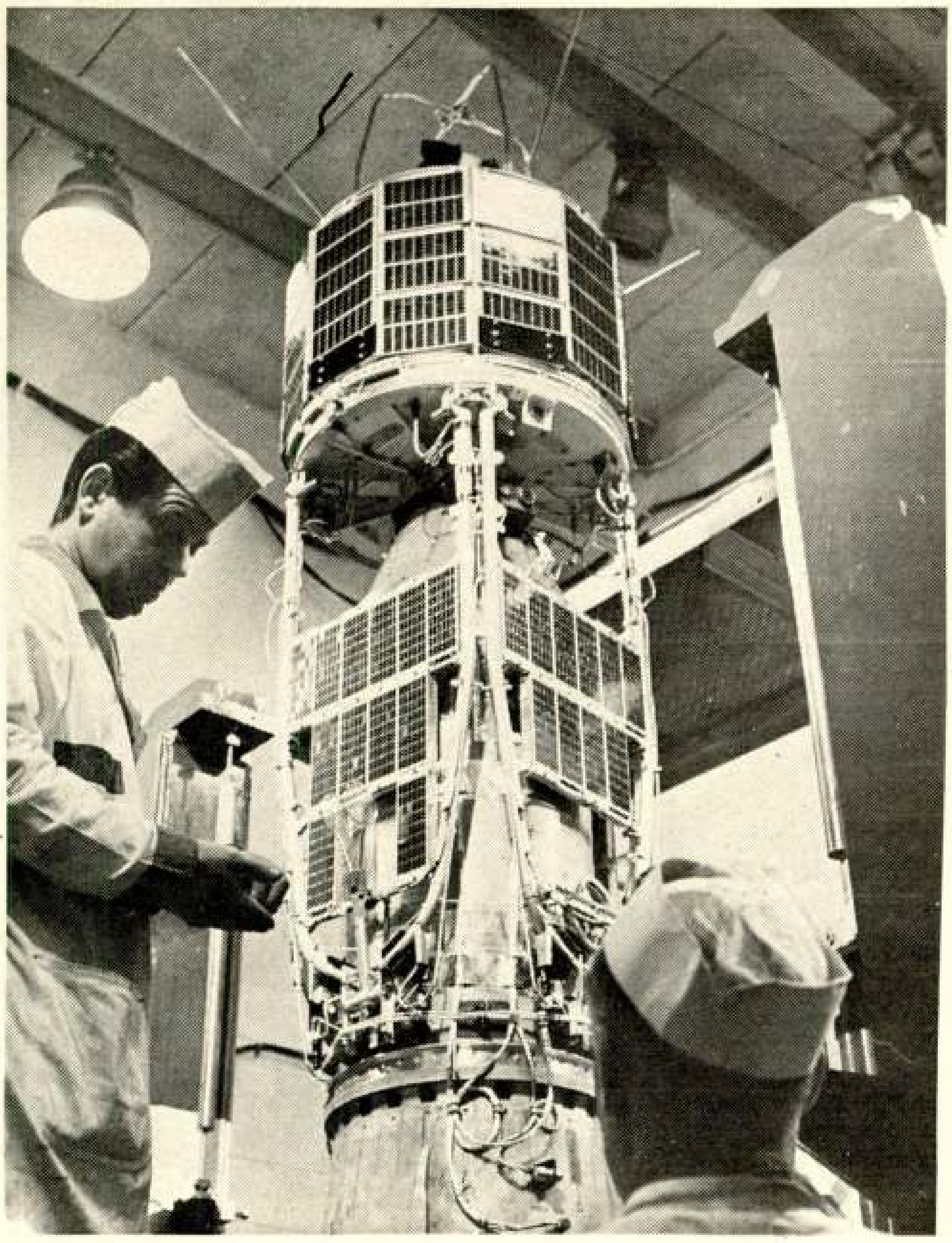


Fig. 2. De Ariel 3-satelliet in lanceertoestand.

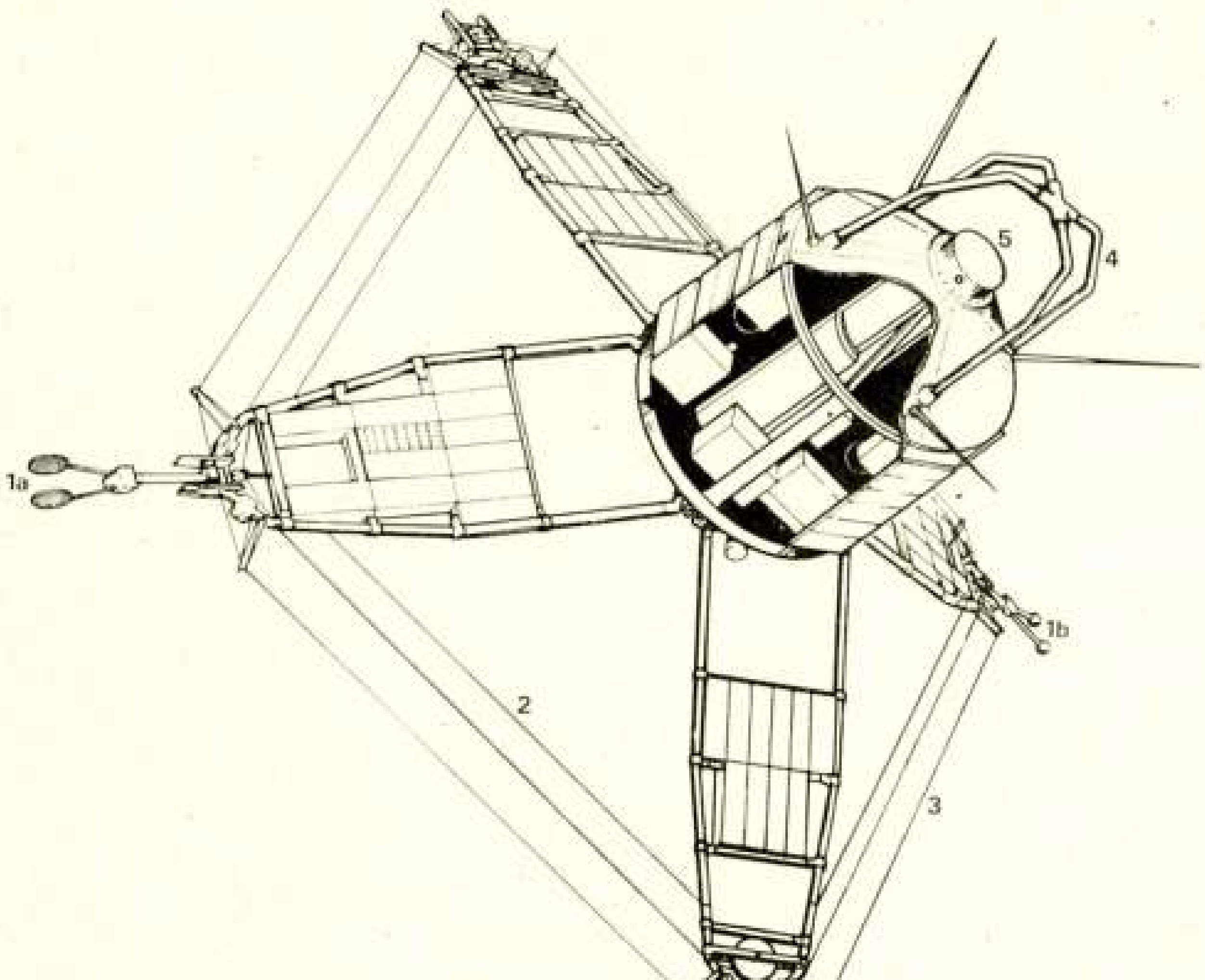


Fig. 3. Overzicht van de met Ariel 3 meegevoerde experimenten.

1. University of Birmingham:
(a) Electron density sensor,
(b) Electron temperature sensor.

2. University of Sheffield:
VLF loop antennae.

3. University of Manchester
(Jodrell Bank):
Galactic noise loop antennae.

4. Radio and Space
Research station:
Terrestrial noise loop antennae.

5. Meteorological Office: Oxygen
distribution scanning mirror.

van de totale activiteit. De feitelijke activiteit is gelieerd aan een postdoctorale cursus radioastronomie van de Universiteit van Manchester [1]) Jodrell Bank beschikt voor dit werk over een aantal radiotelescopen, waarvan de grootste een diameter heeft van 250 ft.

De radioastronomie heeft met de optische astronomie gemeen, dat de aardse atmosfeer beperkingen oplegt aan de waarnemingsmogelijkheden. Meer mogelijkheden krijgt men door gebruik te maken van waarnemingsstations buiten de atmosfeer. De eerste methode die hiervoor in aanmerking komt is de raket. Een bekend Engels voorbeeld is de Skylark, ontworpen door het Royal Aircraft Establishment. Deze Skylark kan een nuttige lading van 50–60 kg omhoog brengen tot ongeveer 150 km. Indien de Skylark wordt voorzien van een extra 'booster'-raket kan een hoogte van ongeveer 250 km worden bereikt.

De genoemde nuttige lading bestaat uit een instrumentarium aangepast aan een bepaald experiment (fig. 1). Voorbeelden zijn: onderzoek van de atmosfeer, de ionosfeer, het aardmagnetisch veld en het micrometeorietenonderzoek. De gebruiksmogelijkheden van deze raketten zijn nog belangrijk toegenomen door het inbouwen van regelsystemen, die de raket tijdens de vlucht gericht houden op bepaalde punten zoals zon en maan, en daarbij hetzij als waarnemingsobject hetzij als referentiepunt fungeren [1]. Van deze Skylark werden tot nu toe meer dan 200 exemplaren vervaardigd.

Behalve als waarnemingsstation is de raket onmisbaar gebleken bij het testen van onderdelen die in een later stadium in de zgn. kunstmatige aardsatellieten zouden worden toegepast. Deze kunstmatige aardsatelliet is een min of meer logisch op de raket volgende stap. Het belangrijkste gevolg van deze stap is wel dat een veel langere waarnemingstijd mogelijk wordt.

Naast een aantal experimenten meegezonden met andere satellieten zijn 3 satellieten gelanceerd volgens een gecombineerd Amerikaans-Engels programma. De laatste uit deze serie, de Ariel 3 (voor de lancering UK3 genaamd), is in tegenstelling tot zijn voorgangers Ariel 1 en 2, die weliswaar Engelse experimenten droegen doch in Amerika werden vervaardigd, van volledig Engelse makelij (fig. 2). De satelliet werd gelanceerd in Californië m.b.v. een Amerikaanse 'Scout'-raket.

De lancering van Ariel 3 had plaats op 5 mei 1967; sindsdien beschrijft de satelliet een baan om de aarde met een omlooptijd van 95,5 min en een afstand tot de aarde variërend van 494 tot 600 km. Ariel 3 weegt 86 kg en bevat de volgende, uit vijf verschillende instituten afkomstige, experimenten (zie ook fig. 3).

2.1. *Birmingham University*

Bij dit experiment worden de elektronendichtheid en -temperatuur gemeten boven het F_2-maximum van de ionosfeer.

2.2. *Sheffield University*

Dit experiment is opgezet om stralingsintensiteiten te meten in het golflengtegebied van 10–100 km. De gemeten straling kan afkomstig zijn van zenders zoals bijv. Rugby maar kan ook van natuurlijke oorsprong zijn.

2.3. *Jodrell Bank*

Dit experiment meet de radiostraling uitgezonden door bronnen in het heelal op frequenties die te laag zijn om op aarde goed te worden gemeten.

[1]) Terloops vermelden wij dat in 1980 deze universiteit 35 000 studenten zal hebben, ondergebracht in een volledig nieuwe universiteitswijk.

2.4. Radio and Space Research Station

De bedoeling van dit experiment is de geografische distributie te bepalen van atmosferische hoogfrequente storingen afkomstig van onweersbuien.

2.5. Meteorological Office

In dit experiment wordt de verticale verdeling van moleculaire zuurstof in de atmosfeer bepaald door het meten van de absorptie van ultraviolette zonnestraling als de satelliet de aardschaduw verlaat en binnenkomt.

De satelliet Ariel 3 bevat twee datasystemen. Het eerste zendt de uit de experimenten verkregen informatie rechtstreeks naar de aarde. Het tweede maakt gebruik van een bandrecorder voor het opslaan van de tijdens één omwenteling verkregen informate die dan, na een vanaf de aarde gegeven commando, in ongeveer 2 min wordt doorgegeven. Het tweede systeem heeft een paar storingen gehad die echter weer vanzelf zijn verdwenen.

De thans in voorbereiding zijnde satellieten zullen worden gelanceerd met een nieuwe Engelse raket de 'Black Arrow'. Deze raket zal satellieten van 100 kg in een 500 km-baan kunnen plaatsen. De eerste proeflancering (codenaam X_1) zal eind van dit jaar plaatsvinden.

De daarop volgende lancering (X_2) betreft een satelliet voor een eenvoudig experiment nl. een dichtheidsmeting in de hogere lagen van de atmosfeer. Met de X_3-satelliet zal vervolgens een pulscode-datasysteem worden beproefd, terwijl verder zonnecellen en verschillende oppervlaktebewerkingen voor satellieten zullen worden onderzocht. Als wetenschappelijk experiment zal een micrometeorietenonderzoek, voorbereid door de Universiteit van Birmingham, worden meegevoerd.

De dan volgende satelliet X_4 zal een gordijn van zonnecellen meevoeren. De cellen zullen gezamenlijk 0,5 kW elektrisch vermogen moeten afgeven. Ferranti ontwikkelde de hiervoor benodigde zonnecellen, die in verband met het feit dat de zonnecelgordijnen in opgevouwen of opgerolde toestand gelanceerd moeten worden, een dikte hebben van 100 µm. Dit X_4-experiment dient als voorbereiding van het X_5-experiment waarin vermogens van een dergelijke grootte nodig zijn voor de beproeving van een ionenmotor, ontwikkeld door Elliott Automation. Met een ionenmotor van 1–2 kW verwacht men een satelliet die met de 'Black Arrow'-raket in een 500 km-baan is gebracht in 50 tot 100 dagen te kunnen laten klimmen naar een synchrone 36 000 km-baan.

Zoals uit deze opsomming blijkt ligt het zwaartepunt van dit programma op de technologie. Wordt het einddoel bereikt dan zal Engeland in staat zijn met eigen middelen communicatiesatellieten in een synchrone baan te brengen. Met betrekking tot het tijdschema voor het programma kan nog worden opgemerkt dat de X_4- en X_5-lanceringen in 1972-'73 zullen plaatsvinden.

3. Communicatietoepassingen

Aangezien zowel elke raket als elke satelliet in feite een waarnemingsstation is, zal steeds een communicatiekanaal nodig zijn tussen dit waarnemingsstation en één of meer geschikte punten op aarde. Aan de ontwikkeling van de ontvanginrichtingen voor deze telemetriesignalen willen we hier echter voorbij gaan en ons beperken tot die communicatiesystemen die in wezen aards

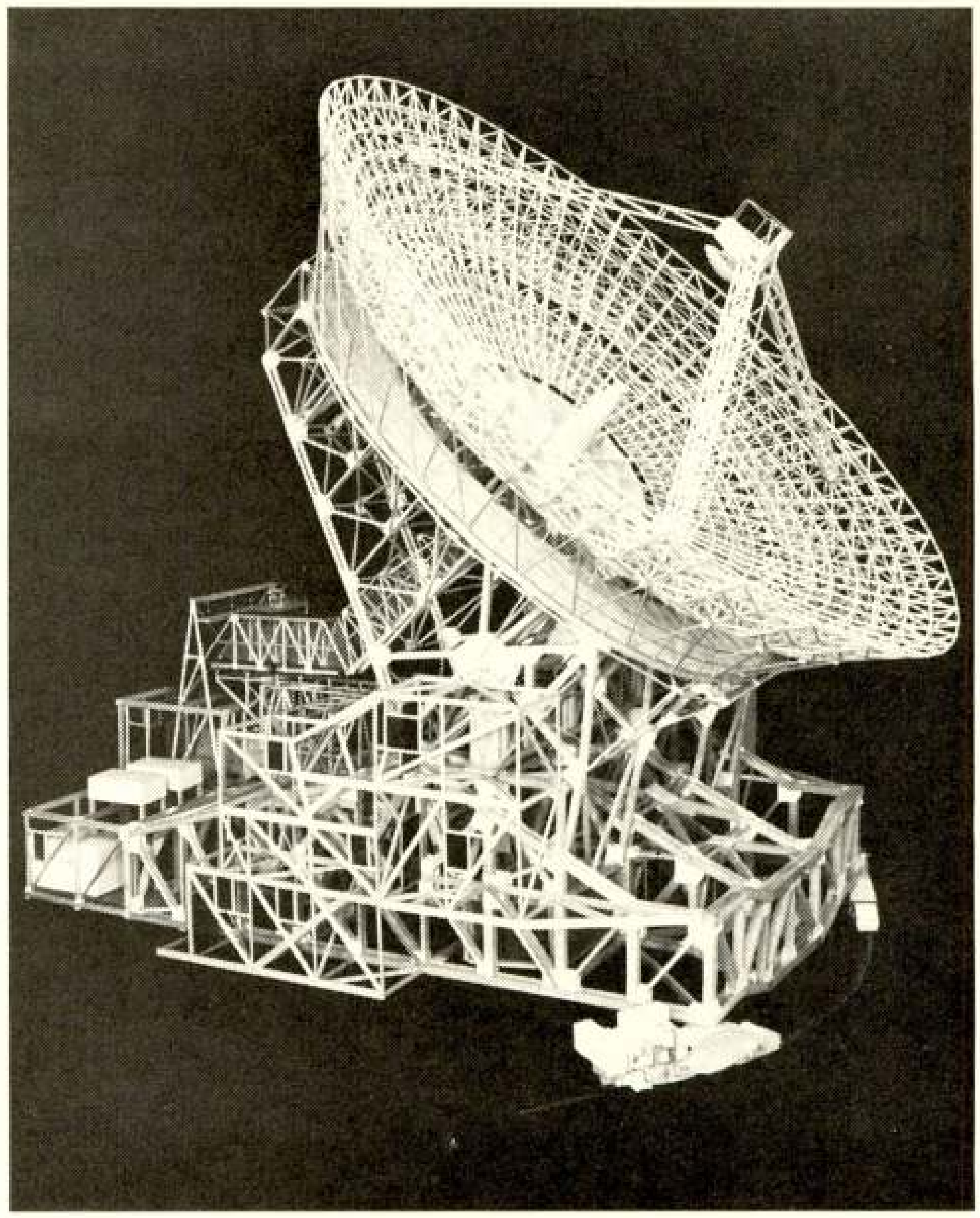


Fig. 4. Model van de Goonhilly II-antenne.

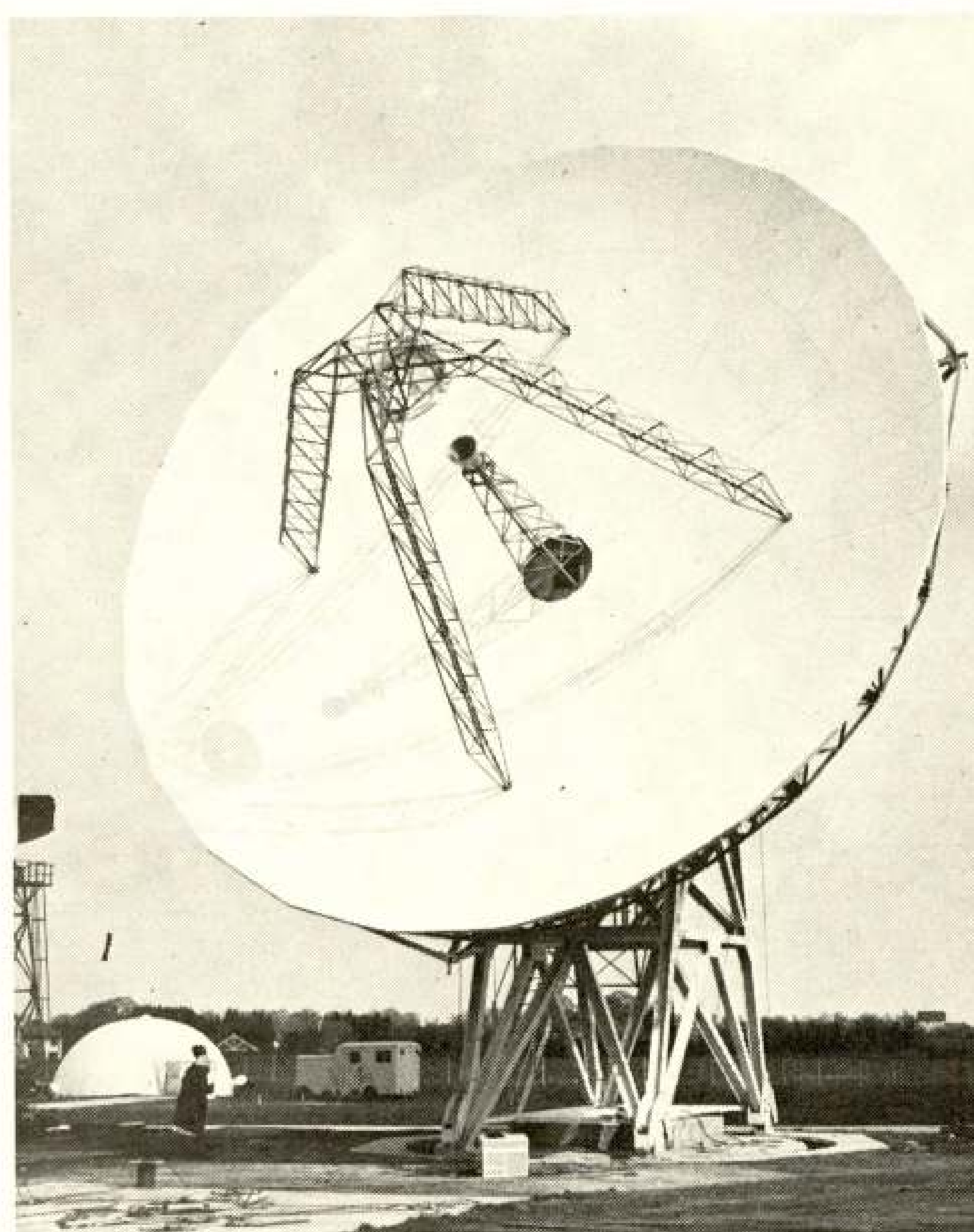


Fig. 5. De 45 ft-antenne voor het experimentele grondstation in ontwikkeling bij Plessey.

zijn, doch gebruik maken van een relaisstation ondergebracht in een kunstmatige aardsatelliet. Toepassingen hiervan vindt men zowel in de civiele als in de militaire sfeer.

In de civiele sfeer is het GPO-station in Goonhilly Downs algemeen bekend. Momenteel wordt in Goonhilly een tweede ontvangantenne gebouwd, die in tegenstelling tot de Goonhilly I-antenne gebruik zal maken van een hulpreflector volgens het zgn. cassegrain-principe (fig. 4). De diameter van de antenne wordt 90 ft. Het materiaal van de kwasi-paraboloïdale hoofdreflector zal weer roestvrij staal zijn. De bewegingsmogelijkheid in azimut zal beperkt worden tot 210°. Een fijnregeling van de bundelrichting wordt verkregen door beweging van de subreflector om twee assen d.m.v. één hydraulisch servosysteem.

Zowel de antenne als de bijbehorende besturings-, zend- en ontvangapparatuur worden geïnstalleerd door Marconi Company Ltd. Het station moet worden opgeleverd in september 1968.

Naast Goonhilly II zal Marconi nog twee andere grondstations met 90 ft-antenne bouwen. Een ervan zal komen op de Bahrein-eilanden in de Perzische Golf, het andere in Hong-Kong. De antennes voor deze beide laatste stations zijn ontworpen door Marconi, dit in tegenstelling tot de Goonhilly II-antenne waarvoor het ontwerp evenals dat voor de Goonhilly I-antenne afkomstig is van Dr. Husband. Als bijzonderheid vermelden wij dat het azimutlager daarbij in gedeelten kan worden vervangen zonder onderbreking van het bedrijf. Deze constructie werd ontworpen naar aanleiding van minder gelukkige ervaringen elders opgedaan o.a. met een hydraulische lagering in de Verenigde Staten.

De militaire activiteiten op satellietcommunicatiegebied zijn gegroepeerd om het Anglo-Amerikaanse Interim Defence Communication Satellite Program (I.D.C.S.P.) en het recentere nationale 'Skynet'-programma. De hiervoor gebouwde en nog te bouwen grondstations gaan meestal uit van antennes met diameters in de orde van 12 m [2]. Daarnaast blijkt er behoefte te bestaan aan installaties met aanzienlijk kleinere antennes (orde van 2 m diameter) ten behoeve van telexverbindingen voor grotere oorlogsschepen.

Het is nuttig te constateren dat de ontwikkeling van deze militaire apparatuur ook weer ten goede kan komen aan de civiele sector. Zo wordt voortbouwend op de 12 m-lijn door Plessey-radar gewerkt aan de ontwikkeling van een communicatiegrondstation met een beperkt beweegbare antenne van 45 ft [3]. De spiegel van deze antenne is vervaardigd uit een honingraatstructuur, opgebouwd uit polyesterglasvezelplaat en aluminium honingraat. De buitenzijde van het schaaloppervlak is uiteraard gemetalliseerd (fig. 5). Toepassingsmogelijkheden voor dit station ziet men in de sector van de televisieomroep m.b.v. satellieten. Daarnaast zou het station kunnen worden gebruikt voor telefonie in die gevallen, waarin een klein aantal kanalen de behoefte dekt.

Ook voor de grondstations met de kleine antennes verwacht men echter in de civiele sector een markt. Deze markt ontstaat zodra ook de civiele scheepvaart in de gelegenheid wordt gesteld gebruik te maken van de interessante mogelijkheid eerst het telexverkeer en later wellicht ook het telefonieverkeer via satellieten af te wikkelen.

Literatuur

[1] J. F. Hazell, P. E. G. Cope and I. F. M. Walker: The Development and operation of the stabilised Skylark rocket. A.I.A.A. Sounding Rocket Vehicle Technology Specialist Conference. Williamsburg, Virginia, February 1967.

[2] J. M. Brown: Space Communication, a pointer to the Future. Point to Point Telecomm. **10**, no. 4, October 1966.

[3] J. L. Blonstein: Ground Terminals and their Evolution. Electronics Weekly, April 26, 1967.

Boekennieuws

A. S. Grove, **Physics and technology of semiconductor devices,** 366 blz., Uitg. John Wiley and Sons, New York, 1967. Prijs: 100 s.

In tegenstelling tot de meeste tot nu toe verschenen leerboeken over de halfgeleiders germanium en silicium houdt dit boek zich uitsluitend bezig met de fysische achtergrond en de technologie van siliciumelementen (devices), die volgens de planaire technologie zijn gemaakt.

De stof is verdeeld over een twaalftal hoofdstukken, die ondergebracht zijn in drie secties. In de eerste sectie (drie hoofdstukken) worden achtereenvolgens zeer summier behandeld: kristalgroei uit de dampfase, thermische oxydatie en vastestofdiffusie. De tweede sectie (vijf hoofdstukken) handelt in hoofdzaak over de p-n overgang, de bipolaire-transistor en de veldeffect-transistor. Voor zover mij bekend is dit het eerste leerboek, waarin een goede afleiding gegeven wordt van de karakteristieken van p-n overgangen met sterke recombinatie-generatie in het ruimteladingsgebied. In de derde sectie, die een viertal hoofdstukken bevat, worden oppervlakte-effecten en MOS-transistoren behandeld. Dit deel, dat het zwaartepunt van het boek vormt, is goed leesbaar en geeft waardevolle informatie o.a. over de effecten van kanaalvorming op p-n dioden en over de werking van de MOS-transistor.

Ondanks mijn waardering voor enkele onderdelen, heb ik bezwaren tegen het werk als geheel. In zijn voorwoord zegt de schrijver, dat het boek bestemd is voor elektronici èn technologen. Dit heeft hij niet waar kunnen maken. De elektronicus kan nl. terecht als bezwaar aanvoeren, dat er te weinig verband gelegd wordt tussen de technologie en de daaruit voortvloeiende elektrische eigenschappen van de devices. Zo wordt bijvoorbeeld het gedrag van bipolaire-transistoren bij hoge stromen afgedaan in één bladzijde en worden de hoogfrequent eigenschappen van MOS-transistoren in nog korter bestek behandeld. Aan de andere kant komt de technoloog ook niet aan zijn trekken. In de verzadigde logica bijvoorbeeld spelen schakeltransistoren en -dioden een belangrijke rol. In deze elementen moet de levensduur van de geïnjecteerde ladingdragers zeer kort zijn. Over de wijze waarop men dit bereikt wordt met geen woord gerept. Ook over het stabiel maken van MOS-transistoren, waar men tot voor kort grote problemen mee had, wordt te weinig informatie gegeven.

Kortom, hoewel het werk een aantal zeer smakelijke rozijnen bevat is voor een geslaagd gerecht het aantal te gering.

Drs. J. G. van Santen.

Varia

FIAREX 1968

Van maandag 28 oktober tot en met vrijdag 1 november 1968 wordt in het nieuwe RAI-gebouw te Amsterdam de 3e FIAREX-expositie gehouden. De FIAREX is zoals bekend een internationale vak-expositie op het gebied van de elektronica.

De twee voorafgaande tentoonstellingen in 1964 en 1966 waren een overtuigend succes, zowel voor de deelnemers als voor de bezoekers. FIAREX 68 zal gezien de belangstelling deze eerste twee qua omvang en qua inhoud overtreffen. Naast het tentoongestelde zullen o.a. verscheidene symposia en lezingen worden gehouden.

Het expositieprogramma omvat:

a. onderdelen, halfgeleiders, buizen en geïntegreerde eenheden, alsmede bijbehorende elektronische beproevingsapparatuur;
b. professionele elektro-akoestische apparatuur;
c. apparatuur voor centrale antenne-installaties;
d. hulpmiddelen.

3e Internationale Conferentie Micro-Elektronica

Van 11 tot 13 november 1968 zal in München de derde internationale conferentie over micro-elektronica gehouden worden, georganiseerd door de INEA (Internationaler Elektronik-Arbeitskreis e.V.).

Uit een voorlopige mededeling dienaangaande blijkt dat de te houden voordrachten de volgende thema's zullen behandelen:

1. Materialen en procédés.
2. Circuits en toepassingen.
3. Invloed van de micro-elektronica op de conventionele componenten.
4. Opto-elektronica.

Aanvragen voor aanmeldingsformulieren kunnen worden gericht aan: 3. Internationale Tagung Mikroelektronik Kongreszbüro, D-8000 München 12, Theresienhöhe 15.

Uit het NERG

Administratie van het NERG: Postbus 6108, Den Haag. Giro 94746 t.n.v. penningmeester NERG Den Haag.
Secretariaat van de Examencommissie-NERG: van Geusaustraat 151, Voorburg.

197e Werkvergadering op maandag 17 juni 1968 in zaal B van het Gebouw voor Elektrotechniek der T.H. Delft, Kanaalweg 2B. Aanvang 10.00 uur

Over het thema *Filters* worden onderstaande voordrachten gehouden:

- ir. D. Blom (Philips' Nat. Lab.): *Actieve RC-netwerken;*
- drs. W. J. Lavèn (T.H. Delft, afd. Technische Natuurkunde): *Digitale filters.*

Na een gemeenschappelijke koffiemaaltijd (*f* 4,—, ter plaatse te voldoen) volgen:

- dr. M. de Jong (Philips, Elcoma): *Piëzoelektrische resonatoren;*
- H. J. G. M. Benning (Philips, R.G.T.): *Toepassing van piëzoelektrische resonatoren in filters;*
- ir. L. Krul (T.H. Delft, afd. Elektrotechniek): *Filters in strokengolfgeleider-uitvoering; toepassingen in microgolfversterkers.*

Personalia

Uitreiking Vederprijs.

Op 30 maart jl. vond ten huize van de voorzitster van het Wetenschappelijk Radiofonds Veder, mevrouw C. E. van Hoboken-Veder, de plechtige uitreiking plaats van de Vederprijs voor 1967. Nadat de voorzitster de vergadering had geopend, gaf zij het woord aan ir. Rinia, die in zijn toespraak de richtlijnen van het fonds uiteenzette en de beweegredenen weergaf, die ertoe geleid hadden de prijs aan dr. ir. J. B. H. Peek toe te kennen voor zijn werk op het gebied van de correlatortechniek. Vervolgens reikte ir. Rinia namens het Bestuur de gouden medaille en een prijs onder enveloppe uit aan de heer Peek.

Dr. ir. Peek promoveerde in 1967 aan de Technische Hogeschool Eindhoven. In zijn in het Philips' Natuurkundig Laboratorium verricht werk gaf hij een nieuwe methode aan om een digitale correlator te construeren en beschouwde daarvan de mathematische consequenties. Correlatietechnieken worden overal toegepast waar men zwakke signalen uit een omgeving van ruis en storingen te voorschijn moet halen. Dat geldt bij radar, seismologie en radio-astronomie, maar ook bij het onderzoek van elektro-encefalogrammen en bij verschillende vormen van systeemanalyse. Daarom heeft een vereenvoudigde, op digitale technieken gebaseerde wijze om de correlatiefunctie snel zichtbaar te maken groot belang.

Aan ir. C. B. Broersma is per 1-V-1968 op de meest eervolle wijze het door hem om gezondheidsredenen gevraagde ontslag verleend als directeur van Radio-Holland N.V.

Ir. H. T. Hylkema is per 1-V-1968 benoemd tot directeur van Radio-Holland N.V.

Ir. A. D. J. Uurbanus heeft per 1-V-1968 zijn functie als Hoofddirecteur Algemene Zaken en Radio, P.T.T. wegens het bereiken van de pensioengerechtigde leeftijd neergelegd.

Ledenmutaties

Nieuwe leden:

Ir. O. B. P. Rikkert de Koe, Hertogenlaan 18, Geldrop.
P. Vijzelaar, J. A. Kalfflaan 20, Hilversum.

Nieuwe adressen van leden:

Ir. F. A. Altmann, Rechor Haboniem 69, Kiriat Tivon, Israël.
C. J. Benjamin, Welgelegenlaan 53, Driebergen.
Ir. G. van Dasler, Gemeenlandslaan 23, Huizen (N.H.).
Prof. Dipl. Ing. J. Deketh, a/c U.I.T., Apartado 12131 (San Martin), Caracas, Venezuela.
F. Doornbos, Ing., Radioweg 21, Apeldoorn.
Ir. J. H. Dijk, c/o Mullard Radio Valve Comp., New Road, Mitcham, Surrey, C.R.4-xy, England.
Ir. J. W. Ero, Heydaalweg 5, Eindhoven.
Ir. H. W. de Haan, Le Bois des Roches 91, St. Michel sur Orge, Paris, France.
Ir. C. H. ter Hark, Sonatestraat 18, Apeldoorn.
Ir. G. A. van der Spek, Brederode 22, Leiderdorp.
Ir. L. P. J. Veelenturf, Reelaan 11, Enschede.
Ir. J. A. Verhoef, Zandstraat 43, Son (N.B.).
Ir. P. van der Wurf, Schoutstraat 7, Geldrop.

Overleden:

P. C. Tolk, Zeverijnstraat 3, Hilversum.